フライトシミュレータによる 操縦の行動科学的研究 (2)

○西 修二、 水本 清、 加藤 象二郎、
門尾 孝是、 長沢有恒 (航空医学実験隊)

Behavioral scientific study of aircraft controlling by flight simulator(2)

S. Nishi. K. Mizumoto. Z. Kato. A. Kadoo.

Y. Nagasawa.(Aeromedical Laboratory,JASDF.)

1 目 的

飛行課目実施時の主観的操縦難易度評価は、その時に制御しなければならない飛行諸元値の種類と、その制御方法などに大きく影響を受けると考えられる。例えば、水平直線飛行を実施する場合は、高度、速度、方位を一定に操作制御しなければならない。また、レイジー8の場合は、ピッチ、バンクをスムーズに変化させながら、高度、速度、方位の制御をしなければならない。つまり、主に制御する飛行諸元値とその制御方法は、飛行課目によって異なっている。そこで、本研究の目的は、フライトシミュレータによる飛行課目実施時の主観的操縦難易度評価点と、飛行諸元との関係を以下の二つの側面について検討することである。第一は、各飛行課目の主観的操縦難易度評価に影響を及ぼす飛行諸元の抽出。第二は、各飛行課目に共通して主観的操縦難易度評価に影響を及ぼす飛行諸元が抽出されるかどうかという点である。

2 方 法

2-1 実験方法

実験に用いた装置は、T-2型ジェット練習機の飛行性能を模擬し、CGI方式による水平 116度、垂直25度の模擬視界を表示する固定ベース操縦席をもつフライトシミュレータである。

被験者は、操縦経験の無い当隊所属の健康な男子5名(年齢31-45歳)である。

実験は、操縦訓練初期(平均シミュレータ飛行時間14h33m±1h57m)、中期(同44h41m±4h14m)、後期(同71h59m±3h14m)の計3回行わ

れた。実験に用いられた飛行課目の飛行方法及び飛行諸元は、下記に示す通りである。

- (1) T0: 離陸速度160kt,アフターバーナ離陸。
- (2) LEVEL: 高度20000ft, 速度 320ktでの等速水平直線飛行。
- (3) STEEP: 高度20000ft, 速度320kt, 60度バンクでの 180度旋回。
- (4) LAZY8: 高度20000ft, 速度 400ktで、ピッチ、バンクの円滑な連続変化による上昇及び下降旋回。
- (5) BARREL: 高度20000ft, 速度 400ktで、機首を水平線の1点を中心とした円に沿うように回転させる。
- (6) LOOP: 高度10000ft, 速度 540ktから垂直面の 360度旋回。

実験により得られたデータは、各飛行課目に対する被験者の主観的操縦難易度評価点(難しさをまったく感じなかったを 0.0cm、とても感じたを10.0cmとする直線上に、主観的操縦難易度を任意の位置(長さ)に表現してもらい、後に1.0cmを1.0点に換算)、及び飛行諸元値として1秒ごとの高度(以後ALT)、速度(IAS)、AOA(AOA)、ヨウ(YAW)、バンク(BNK)、ピッチ(PIT)、昇降率(VV)、ヘディング(HD)である。

2-2 データ処理方法

分析に用いるための飛行諸元データの統計値は、以下の4種類である。すなわち各飛行課目を実施している間のALT, IAS, AOA, YAW, BNK, PIT, VV の平均値(以後M)及び標準偏差(SD)、1秒当りのALT, IAS, AOA, YAW, BNK, PIT, VV, HD の変化の

絶対値の平均値(RAM)と変化の標準偏差(RSD)である。

3 結 果

3-1 被験者の主観的操縦難易度評価結果

飛行課目別、回数別の主観的操縦難易度評価点の平均値と標準偏差を表-1に示す。

表-1 主観的操縦難易度評価点の平均値、標準偏差

回数 課目	1回目 平均 (SD)	2回目 平均 (SD)	3回目 平均 (SD)	全 体 平均 (SD)
T0	5.30(1.30)	4.00(1.20)	3.30(1.52)	4.20(1.52)
LEVEL	4.64(1.93)	5.14(1.61)	3.44(2.02)	4.41(1.88)
LOOP	7.60(1.51)	5.80(1.09)	4.80(2.13)	6.07(1.93)
STEEP	6.74(0.75)	7.06(0.94)	5.80(1.54)	6.53(1.12)
BARREL	7.38(3.18)	6.50(1.73)	5.80(1.79)	6.56(2.26)
LAZY8	7.50(1.55)	6.42(2.25)	6.16(2.04)	6.69(1.92)
全体	6.52(2.06)	5.82(1.73)	4.88(2.05)	5.74(2.05)

主観的操縦難易度評価点について飛行課目別、回数別の2元配置分散分析を行った結果は、各飛行課目(F(5,2)=6.240 P<0.001)、各回(F(5,2)=6.558 P<0.001)で統計的有意差が認められ、交互作用についての統計的有意差は認められなかった。これらの結果より、主観的操縦難易度評価点は、飛行課目によって異なり、回を重ねる毎(技量が向上する毎)に低くなるが、飛行課目間の相対的な難しさは技量が向上しても変化しないことが認められた。

3-2 被験者の主観的操縦難易度評価と飛行諸元値との重回帰分析結果

被験者の主観的難易度評価を従属変数とし、飛行諸元値を独立変数とする飛行課目別重回帰方程式を以下に示す。(重回帰方程式の下に表示してある飛行諸元値は、重回帰方程式より得られた飛行諸元値で、飛行課目を実施する場合にどのような関係があるかを示したものである。)

- R=: 重相関係数
Y=: 主観的難易度評価点
(1) T0 R=0.72

- $Y=-0.77AOAM+5.06AOARSD+6.97$
AOA:離陸上昇姿勢の保持
(2) LEVEL R=0.53
 $Y=-0.53HDRSD+6.89$
HD :方位の保持
(3) LOOP R=0.78
 $Y=0.0012ALTSD-0.018BNKDM+1.51AOARSD-0.47$
ALT:垂直面での高度変化の程度
BNK:翼の水平保持
AOA:機首の引きお越しの程度
(4) STEEP R=0.64
 $Y=-1.02AOAM+1.14BNKRAM+13.9$
AOA:機首の引き起こしの程度
BNK:バンク角の保持
(5) BARREL R=0.87
 $Y=0.04ALTRSD-1.69AOARSD-0.15YAWRSD+3.25$
ALT:高度変化の程度
AOA:機首の引きお越しの程度
YAW:横滑りの程度
(6) LAZY8 R=0.93
 $Y=0.07IASM-0.11IASSD+1.68AOASD$
 $-6.22AOARSD-11.13$
IAS:高度変化に伴う速度変化の程度
AOA:機首の引きお越しの程度

4 ま と め

被験者は、各飛行課目を実施する上で主に制御しなければならない飛行諸元を基に、主観的操縦難易度評価を行っていると考えらる。

またLEVELを除く全ての飛行課目に共通して飛行諸元AOAが、重回帰方程式に含まれていることが認められる。このことから、飛行諸元AOAは、飛行課目の違いに関係なく、主観的操縦難易度評価に影響を与える重要な要素であることが考えられる。

今後は、更に被験者と飛行課目数を増やし様々な条件について主観的操縦難易度評価と飛行諸元値との関係を分析してゆくつもりである。